

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **040809**(13) **B1**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

**(45)** Дата публикации и выдачи патента  
**2022.07.29**

**(21)** Номер заявки  
**201891243**

**(22)** Дата подачи заявки  
**2018.06.21**

**(51)** Int. Cl. **C22B 3/00** (2006.01)  
**C22B 7/00** (2006.01)  
**C22B 11/06** (2006.01)

---

---

**(54) СПОСОБ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ БЛАГОРОДНЫХ, ЦВЕТНЫХ И РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ**

---

**(31)** 2017/04241

**(32)** 2017.06.22

**(33)** ZA

**(43)** 2018.12.28

**(56)** RU-C1-2241670  
RU-C1-2398030  
RU-C1-2450974  
WO-A1-2013104059

**(71)(73)** Заявитель и патентовладелец:  
**ЛАЙФЗОУН ЛИМИТЕД (MU)**

**(72)** Изобретатель:  
**Кейт Стюарт Лиделл (GB), Мишель  
Дэвид Адамс (TH)**

**(74)** Представитель:  
**Рыбина Н.А., Рыбин В.Н. (RU)**

---

**(57)** Изобретение относится к способу гидрометаллургического извлечения и выделения ценных благородных, цветных или редких элементов, таких как металлы платиновой группы (МПГ), золото или серебро, а также другие ценные цветные и редкие металлы, такие как никель, кобальт, медь, редкоземельные элементы (РЗЭ), иттрий и скандий, также как и уран, торий, марганец, цинк, кадмий, молибден, титан, олово, и другие второстепенные элементы, такие как ванадий, германий и галлий, из сырьевого материала, содержащего руды, концентраты и другие материалы. В частности, способ включает количественно оцениваемое удаление дополнительных цветных, редких и сопутствующих элементов для повышения эффективности дальнейшей обработки твердых материалов для извлечения ценных металлов, и/или рециркулирования, и/или разделения ценных металлов и остатков от выщелачивания под давлением и может быть интегрирован в один или более существующих способов экстракции ценных элементов.

---

**B1****040809****040809****B1**

### Уровень техники

Изобретение относится к способу гидрометаллургической обработки для извлечения и разделения ценных благородных, цветных или редких элементов из сырьевого материала, содержащего руды, концентраты и другие материалы. В частности, данный способ представляет собой способ, интегрированный в один или более существующих способов извлечения ценных элементов.

Полиметаллические рудные тела или другие виды сырья, имеющие в своем составе несколько ценных металлов с низким содержанием, становятся все более привлекательными для добывающих компаний для оценки возможности их эксплуатации. Однако на сегодняшний день существуют гораздо более серьезные металлургические проблемы по извлечению и разделению таких элементов на коммерчески целесообразные концентраты или продукты. Это в целом характерно для руд, содержащих ценные металлы, такие как металлы платиновой группы (МПП), золото или серебро и другие ценные цветные и редкие металлы, такие как никель, кобальт, медь, редкоземельные элементы (РЗЭ), иттрий и скандий, так же, как и уран, торий, марганец, цинк, кадмий, молибден, титан, олово и другие второстепенные элементы, такие как ванадий, германий и галлий.

Выбор технологического процесса для извлечения и разделения ценных элементов как из сульфатного, так и хлорирующего продуктивного раствора выщелачивания (ПРВ) для любого конкретного применения в значительной степени обусловлен специфическими для проекта критериями, такими как требования к конечному продукту, также как и набор для анализа руд и концентратов, а также минералогического состава. Например, может потребоваться производство ориентированных на рынок конечных продуктов, таких как отдельные благородные металлы, оксиды, соли или другие продукты, также как и смешанных концентратов высокого качества с конкретным качественным и количественным составом примесей, которые, например, могут понадобиться.

МПП, золото, серебро и другие ценные элементы в некоторых случаях извлекают из хлорирующего ПРВ посредством адсорбирования этих элементов на ионно-обменных (ИО) смолах или другой сорбирующей среде, и впоследствии извлекают указанные элементы элюированием, например используя раствор тиомочевины. Благородные металлы могут осаждаться из элюата с использованием каустического или аммиачного раствора для образования одного или более продуктов концентрата благородного металла высокого качества для прямой продажи или аффинажа, как описано в международной патентной Публикации № WO 99/60178. В качестве альтернативы, заполненную смолу или сорбент можно незамедлительно сжигать для получения высококачественного концентрированного продукта благородного металла для извлечения или отправлять непосредственно на аффинаж.

Однако в других случаях может потребоваться производство конечных продуктов с определенными целевыми техническими характеристиками, причем такие технические характеристики наилучшим образом достигаются с помощью альтернативных методов.

Таким образом, прямой ИО процесс, описанный выше, не всегда оптимален для всех типов сырья и продуктов, например для случаев, когда ПРВ содержит элементы или компоненты в количествах, которые могут мешать процессу ИО адсорбции. Таким образом, необходим альтернативный способ для извлечения и разделения благородных металлов и других ценных элементов из ПРВ, который соответствует критериям для других видов сырья и типов продукции.

Кроме того, дополнительные ценные элементы содержатся в технологических потоках выщелачивания, описанных в шагах (i) и (iv) выше, и эти ценные элементы могут в равной степени гарантировать извлечение и/или аффинаж и/или разделение на продукты повышенной ценности.

Альтернативные технологические процессы для количественно оцениваемого удаления дополнительных цветных, редких элементов и элементов пустой породы из остатка выщелачивания под давлением, обеспечивают повышенную эффективность дальнейшей обработки твердых фаз для извлечения ценных металлов и/или переработки и/или разделения ценных металлов, таких как металлы платиновой группы (МПП), золото или серебро, и другие ценные цветные и редкие металлы, такие как никель, кобальт, медь, редкоземельные элементы (РЗЭ), иттрий и скандий, также как уран, торий, марганец, цинк, кадмий, молибден, титан, олово и другие второстепенные элементы для производства пригодных для продажи металлов с высокой ценностью и/или металлических катодов, порошков, солей или продуктов их осаждения, а потому они очень полезны. В частности, способ эффективного удаления железа и других элементов пустой породы из технологического процесса, которые отвечают за высокое потребление дорогостоящих реагентов, был бы весьма полезным. Кроме того, удаление этих элементов пустой породы должно уменьшить массовый расход для последующей обработки и эффективно устраняет потенциальных потребителей реагента на необязательном этапе термической обработки и на безусловном этапе выщелачивания хлорированием.

Кроме того, есть значительный ассортимент сырьевых материалов для потенциального извлечения благородных, цветных или редких элементов, которые либо уже не поддаются обработке с помощью обычных конвенциональных технологий, либо слабо поддаются обработке, либо могут потребоваться разработки специальных технологических схем, проектирование и строительство специализированного завода, что может оказаться слишком дорогим, чтобы оправдать капитальные расходы с учетом размеров и других особенностей конкретного природного ресурса. Во всех случаях извлечение наиболее благо-

родных, цветных или редких металлов может оказаться меньше желаемого. Было бы очень экономически выгодно иметь технологический процесс, который принимает широкий спектр тугоплавких или нетугоплавких материалов в качестве сырья, при отсутствии или с минимальными изменениями в схеме при переходе от одного вида сырья к другому.

### Сущность изобретения

Согласно первому варианту реализации изобретения предусмотрен способ гидрометаллургического извлечения одного или более товарных металлов, выбранных из группы, состоящей из металлов платиновой группы (МПП), т.е. платины, палладия, родия, иридия, рутения и осмия; золота и серебра; цветных металлов, включающих никель, кобальт, медь, цинк, уран, торий, марганец, цинк, кадмий, молибден, титан и олово; редкоземельных элементов (РЗЭ); и редких элементов, включающих ванадий, германий и галлий из сырьевого материала, содержащего товарные металлы, имеющего в своем составе или состоящего из любой одной или более металлоносных руд; концентрата; твердого остатка от способа гидрометаллургической обработки на основе металлоносного рудного сырья и твердого остатка после разделения твердой и жидкой фаз продукта пульпы от выщелачивания горячей серной кислотой под давлением или при атмосферных условиях, от металлоносной руды, концентрата или твердого остатка, при этом в указанном способе, включающем или имеющем в своем составе оказание воздействия на сырьевой материал, выполняются следующие этапы:

а) выщелачивание горячей соляной кислотой или подкисленным рассолом без добавления окислителя или восстановителя или с добавлением восстановителя под давлением или при атмосферных условиях при температуре от 60 до 90°C с получением суспензии, содержащей хлориды товарных металлов, включающих любой один или большее количество из никеля, кобальта, меди, цинка, урана, тория, марганца, кадмия, молибдена, титана или олова и хлориды сопутствующих металлов в растворе соляной кислоты или рассола и твердый остаток, содержащий указанные товарные металлы для извлечения, состоящие из одного или более МПП, золота, серебра, и незначительного количества указанных сопутствующих цветных металлов, РЗЭ или редких металлов, с последующим разделением из указанной суспензии раствора соляной кислоты или рассола и твердого остатка, содержащего товарные металлы;

б) проведение очистки или модификации раствора соляной кислоты или рассола, содержащих хлориды металлов из этапа а), включающей один или более этапов экстракции растворителем, ионного обмена (ИО), хелатирования, молекулярной технологии распознавания (МТР), полимерные или другие сорбенты; осаждение с применением гидроксидов, аммиака, карбонатов или сульфидов, электролитического выделения, восстановление или другие технологии, известные специалистам в данной области техники, на основе технико-экономических соображений для получения промежуточного продукта раствора и одного или более промежуточных твердых остатков, содержащих вторичные очищенные ценные металлы и элементы пустой породы;

с) регенерация соляной кислоты из промежуточного раствора продукта для извлечения одного или более: соляной кислоты, железа и очищенных товарных металлов для извлечения, или остатка материала пустой породы для утилизации и обедненного раствора;

д) разделение промежуточного раствора продукта и промежуточного твердого остатка из этапа (б), с последующим выщелачиванием выделенного промежуточного твердого остатка путем хлорирующего выщелачивания при температуре от 20 до 130°C в окислительных условиях с получением растворимых хлоридов товарных металлов, включающих МПП, золото и серебро, а также незначительное количество указанных сопутствующих цветных металлов, РЗЭ или редких металлов, в хлорирующем продуктивном растворе выщелачивания (ПРВ) и твердых отходов; и

е) проведение обработки хлорирующего ПРВ, содержащего хлориды металлов из этапа д), любого одного или более из ионного обмена (ИО), хелатирования, молекулярных технологий распознавания (МТР), полимерных или других сорбентов, экстракции растворителем, осаждения с использованием гидроксидов, аммиака, карбонатов и сульфидов, электролитического выделения, химического восстановления или других технологий, известных специалистам в данной области, на основе технико-экономических соображений, чтобы произвести вторичный промежуточный продукт и твердый остаток, содержащий товарные металлы в составе одного или более МПП, золота и серебра, и необязательно любого одного или более из незначительного количества связанного цветного металла, РЗЭ или редких металлов для аффинажа;

ф) проведение обработки вторичного промежуточного продукта или твердого остатка из этапа е) в один или более технологических процессов, в том числе включая предварительное кипячение, ректификацию, дистилляцию, адсорбцию, повторное кипячение, пиролиз, распыление при обжиге, гидро-термальные или другие технологические процессы, известные специалистам в данной области техники, таким образом, применение соляной кислоты обеспечивает выгрузку одного или более из следующих: кальция, железа и товарных металлов для аффинажа, а также остаточных материалов пустой породы для утилизации и получение обедненного раствора; и

г) аффинаж товарных металлов, состоящих из одного или более МПП, золота и серебра, и необязательно одного или более из незначительного количества связанного цветного металла, РЗЭ или редких металлов из твердого остатка.

В случае необходимости, для конкретных типов руд в зависимости от технико-экономических соображений, способ может дополнительно включать этап проведения термической обработки твердого остатка из этапа а) в условиях окисления, восстановления или нейтральных условиях еще до ввода термически обработанного твердого остатка в этап d), описанный выше, или в дублирующий этап выщелачивания горячей соляной кислотой а).

ПРВ из этапа d) и/или промежуточный продукт растворения либо из этапа b) либо из e), подвергнутые обработке хлорированием, могут быть дополнительно подвергнуты одной или более дополнительным очисткам и/или технологии модификации, в том числе включая ИО, хелатирование, МТР, полимерные или другие сорбенты, экстракции растворителем, осаждению с использованием гидроксидов, аммиака, карбонатов и сульфидов, электролитического выделения, химического восстановления или других технологий, известных специалистам в данной области, на основе технико-экономических соображений, чтобы произвести вторичный дополнительный промежуточный твердый остаток для извлечения МПГ, золота и серебра, также как и любого незначительного количества связанного и прочего ценного цветного металла, РЗЭ или редких металлов и раствора дополнительных промежуточных продуктов для ввода в этап f).

В том случае, когда на начальном этапе происходит выщелачивание горячей серной кислотой с получением суспензии продукта, твердый остаток, содержащий товарные металлы, может быть отделен от сульфатов товарного металла в растворе посредством фильтрации или посредством любого иного способа разделения твердой/жидкой фаз, известных специалистам в данной области техники.

Этот способ может дополнительно включать этап отделения твердых остатков от хлоридов товарного металла в растворе из этапов а), b), c), d), e) и/или, в соответствующих случаях, дополнительно из промежуточных продуктов раствора, а затем предоставление полученного выделенного раствора для соответствующего последующего этапа указанного способа. Этап разделения может осуществляться посредством фильтрации или посредством любых других средств разделения твердых/жидких фаз, известных специалистам в данной области техники.

Рудный сырьевой материал, концентрат или остатки изначально могут быть обработаны посредством дробления, перемалывания или могут быть в виде таком, как после добычи в шахте. Альтернативно, или в дополнение, сырьевой материал может быть подвергнут этапу обогащения для того, чтобы произвести промежуточный рудный продукт для подачи в сосуд для реакции. Этап обогащения может выполняться посредством комбинации дробления, измельчения, грохочения, калибровки, классификации, магнитной сепарации, электростатической сепарации, флотации или гравитационной сепарации таким образом, чтобы концентрировать ценные металлы или исключить побочные компоненты, или посредством других средств обогащения, известных специалистам в данной области техники.

Термическая обработка может быть осуществлена при температуре от или около 80-750°C в течение до 120 мин, обычно от или около 300-700°C в течение от 10 до 30 мин в условиях окисления, восстановления или нейтральных условиях для удаления летучих компонентов из твердого остатка и сокращения или исключения любых прег-роббинг характеристик материала, в то время как формирование тугоплавких твердых фаз, таких как МПГ-содержащих минералов или ярозитов серебра, применимо для извлечения посредством последующего выщелачивания.

Вторая дополнительная термическая обработка может быть выполнена при температуре от или около 500-1000°C в течение до 120 мин, обычно при температуре от или около 700-1000°C в течение от 30 до 120 мин в условиях окисления, восстановления или нейтральных условиях для обеспечения возможности растворения товарных металлов в среде хлоридного выщелачивания.

Третья дополнительная термическая обработка может быть выполнена при температуре от или около 100-600°C в течение до 240 мин, обычно при температуре от или около 100-400°C в течение 60-180 мин в условиях окисления, восстановления или нейтральных условиях для обеспечения дальнейшей возможности растворения товарных металлов в среде хлоридного выщелачивания.

Процессы термообработки могут быть выполнены как отдельные этапы последовательного процесса термической обработки, так и в виде одного комбинированного этапа.

Отходящие газы, выделяющиеся на одном или более этапах термической обработки, или любой восстанавливающий газ, такой как синтез-газ, угарный газ или водород, могут быть в дальнейшем использованы посредством барботирования суспензии на этапе а) или раствор соляной кислоты на этапе b) или хлорирующего ПРВ на этапе e). Например, уменьшение отходящих газов может снизить количество благородных металлов, таких как МПГ или золота в растворе, превращая их в металлы, которые переходят в твердую фазу для извлечения на последующем этапе d) хлорирования. В качестве другого примера, золото или МПГ в растворе на этапах b) или e) могут быть извлечены посредством восстановительного осаждения с использованием восстановительного отходящего газа.

В дополнительном варианте реализации изобретения, хлорирующий ПРВ на этапе d) и/или промежуточного раствора продукта на этапе b), этапе e) и/или в соответствующих случаях,

дополнительный промежуточный продукт раствора по первому варианту реализации изобретения, указанному выше, может быть подвергнут этапу сорбции, в соответствии с которой товарные металлы адсорбируются на смоле или сорбенте, а цветные металлы выгружаются в раствор.

В дальнейшем варианте реализации изобретения хлорирующий ПРВ на этапе d) и/или продукта раствора на этапе b), этапе e) и/или в соответствующих случаях, дополнительный промежуточный продукт раствора по первому варианту реализации изобретения, приведенному выше, может быть подвергнут осаждению и очистке, включающей или имеющей в своем составе один или более из следующих этапов:

А. проведение обработки любого одного или более из хлорирующего ПРВ на этапе d) или промежуточного продукта раствора на этапе b), этапе e) и/или в соответствующих случаях, дополнительный промежуточный продукт раствора, приведенного выше, может быть подвергнут сульфидному осаждению, тем самым производя продукт суспензии, содержащий твердый остаток, содержащий элементарную серу, сульфиды металлов и/или сплавов и отводящий раствор;

В. выполнение разделения твердой-жидкой фаз на основе суспензии продукта по этапу А для разделения твердого остатка на этапе А, приведенного выше, из отводящего раствора, например, посредством фильтрации или с использованием средств иного подходящего устройства разделения твердой-жидкой фаз при температурах между около или от 10-130°C;

С. проведение обработки твердого остатка на этапе В для серии этапов очистки и извлечения, включающей или имеющей в своем составе следующие этапы:

С.i. сублимация твердого остатка при температурах между около или от 200-500°C (обычно в печи или другом подходящем для термической обработки устройстве), таким образом, удаляют серу и получают твердый остаток и продукт дистилляции серы;

С.ii. необязательное растворение твердого остатка на этапе С.i (например, в мешалке или другом подходящем контактном устройстве) в подходящем растворителе для серы, включая, но этим не ограничиваясь: ароматические углеводороды (например, ксилен и/или его изомеры или смеси (такие, как ксилол), толуол, этилбензол и т.д.); хлорированные или сульфидизированные углеводороды (например, четыреххлористый углерод, хлороформ, дисульфид углерода и т.д.) или содержащие серу лиганды (например, сульфит, сульфид и т.д.), при температурах между около 10-130°C, таким образом происходит удаление серы и получения твердого остатка и продукта дистиллята серы;

С.iii. автоклавное выщелачивания твердого остатка от этапа С.i и/или в соответствующих случаях этапа С.ii., при температурах между около или от 110-230°C;

С.iv. атмосферное выщелачивание серной кислотой твердого остатка от этапа С.iii при температуре между около или от 10-110°C для получения суспензии, содержащей твердый остаток, содержащий товарные металлы и раствор сульфатного выщелачивания;

С.v. отделение твердого остатка, содержащего товарные металлы, из раствора сульфатного выщелачивания в суспензии на этапе С.iv посредством разделения твердой-жидкой фаз, например, посредством фильтрации или с использованием средств иного подходящего устройства разделения твердой-жидкой фаз при температурах между около или от 10-130°C;

С.vi. необязательное проведение обработки раствором сульфатного выщелачивания от этапа С.vi. для этапа сорбции, на котором товарные металлы адсорбируются на смоле или сорбенте, а цветные металлы выгружаются в раствор; и

С.vii. проведение обработки выщелачиванием сульфатным раствором из этапа С.v и, в соответствующих случаях, выгрузка раствора из этапа С.vii для одной или более методик, включая выдержку, испарение, осаждение и/или переработку по процессу Келла в контуре извлечения первичных цветных металлов, как описано в WO 99/60178; и

Д. необязательное проведение выгрузки раствора от этапа В для этапа сорбции, на котором товарные металлы адсорбируют на смоле или сорбенте, а цветные металлы выгружают в раствор.

В дополнительном варианте реализации изобретения, выпускаемый раствор по этапу В. и/или промежуточный продукт раствора по этапу b), e) и/или в соответствующих случаях дополнительный промежуточный продукт раствора по первому варианту реализации изобретения может быть подвергнут обработке соляной кислотой, кальцием и извлечению остаточного цветного металла и этапу разделения, включающему или имеющему в своем составе следующие шаги:

I. подача отводящего раствора и/или промежуточного продукта раствора в испаритель предварительного кипячения вместе с частицами гипса таким образом, чтобы создать хлороводород и осадок гипса, после чего следует разделение твердой и жидкой фаз с целью получения осажденного гипса для извлечения и обработки отводящего раствора;

II. подача обработанного отводящего раствора с этапа I к колонне ректификации серной кислоты или выполнение повторного кипячения вместе с серной кислотой, таким образом, чтобы произвести хлороводород и раствор серной кислоты, содержащий товарные и/или извлекаемые цветные и/или редкие металлы;

III. кроме того, подача отводящего раствора с этапа I в гидротермальный, распылительный при обжиге или пирогидролитический реактор для получения суспензии, содержащей твердые остатки оксида железа для извлечения и раствор цветных и/или редких металлов, сопровождаемая разделением твердой и жидкой фаз;

IV. проведение обработки раствора серной кислоты, полученной на этапе II и/или раствора цветных

металлов и/или редких металлов с этапа III для охлаждения и этапа выдержки, при котором металлические сульфатные соли кристаллизуются или подвергаются этапу сорбции и извлекаются, например, путем испарения или выпадения в осадок, и/или повторно используются в процессе Келла в контуре извлечения первичных цветных металлов, как описано в WO 99/60178, или могут быть выпущены в тех случаях, когда ценные металлы уже были достаточно удалены на этапе выщелачивания серной и/или соляной кислотой; и

V. проведение обработки хлороводорода по этапу I или этапу II для дистилляции и абсорбции, и, таким образом, выполнения извлечения раствора соляной кислоты.

Указанная рекуперированная соляная кислота может быть переработана обратно в соляную кислоту выщелачивания по этапу а) и/или выщелачивания хлорированием по этапу d).

Обедненный раствор из этапа с) и/или этапа f) может быть повторно использован для этапа b) как подпиточная вода, при этом также предполагается повторное использование соляной кислоты.

Как правило, сульфаты товарного металла в растворе сырьевого материала по первому варианту реализации изобретения могут содержать сульфатные соли металлов, таких, как медь, никель, кобальт, родий, рутений, иридий, ванадий, германий, галлий или скандий.

Сырьевой материал по первому варианту реализации изобретения может состоять либо из отдельного материала, либо из смеси тугоплавких и нетугоплавких материалов, различающихся по своим качествам.

Технологический процесс по данному изобретению может дополнительно включать или состоять из начального этапа проведения обработки раствором соляной кислоты с этапа а) и/или хлорирующего ПРВ с этапа d) (т.е. хлоридного ПРВ) до этапа выдержки для кристаллизации кремния, включающий или состоящий из следующих шагов:

I. подача раствора соляной кислоты или хлоридного ПРВ в миксер;

II. добавление твердых частиц диоксида кремния в раствор хлорида с шага I;

III. предоставление возможности раствору хлорида удерживаться при температуре окружающей среды до тех пор, пока твердый осадок, содержащий диоксид кремния не будет осажден из раствора;

IV. отделение осажденного твердого остатка, содержащего диоксид кремния, от раствора с этапа III для получения обедненного диоксидом кремния раствора; и

V. подача обедненного диоксидом кремния раствора с этапа IV на этап а) или d).

Технологический процесс по данному изобретению может необязательно включать в качестве первого шага по проведению обработки любого одного или более из: раствор соляной кислоты на этапе а), хлорирующего ПРВ на этапе d), промежуточный раствор продуктов с этапа b), c) или e), и дополнительный промежуточный раствор продукта для этапа концентрированного раствора с целью получения концентрированного раствора посредством любого одного или более из следующих:

I. испарения и конденсационного извлечения HCl из раствора(ов); и

II. фильтрации или основанного на мембранной технологии разделения, включающего обратный осмос (ОО) или нанофильтрацию (НФ) раствора(ов).

Этапы сорбции указанного технологического процесса могут включать или состоять из одного или более из следующих стадий:

I. приведение раствора из указанного технологического процесса в контакт с одним или более ионообменными (ИО) полимерами или подходящими сорбентами, в результате чего товарные металлы, включая золото, серебро и МПГ, если таковые присутствуют, адсорбируются на смоле или сорбенте, а цветные металлы выгружаются в раствор;

II. элюирование адсорбированных товарных металлов, включая золото, серебро и МПГ, если таковые имеются, с ИО смолы или сорбента и осаждение золота, серебра и МПГ, если таковые присутствуют, из элюата с использованием восстановителя или, если МПГ присутствуют, с использованием каустического, аммиачного или другого раствора элюента для формирования концентрата высококачественного ценного металла или отдельных ценных металлических изделий;

III. незамедлительное сжигание заполненной смолы или сорбента для получения высококачественного концентрата ценного металла или отдельных ценных металлических изделий; и

IV. необязательно, дальнейшая обработка товарных металлов, произведенных на любом из этапов I.-III.

Указанный этап элюации II может быть выполнен с использованием раствора, содержащего кислоту тиомочевину, соли сульфита или гидросульфита или хлорида, или других элюантов, известных специалистам в данной области техники.

Кроме того, такие технологии, как осаждение или кристаллизация, могут использоваться в этом технологическом процессе для производства потенциально товарного или накапливаемого продукта из железа или гидроксида железа или сульфата или хлорида при извлечении серной или соляной кислоты из потока, пригодного для извлечения.

Кроме того, такие технологии, как экстракция растворителем, могут быть использованы в указанном технологическом процессе, например, при выщелачивании ПРВ под давлением горячей серной кислотой, чтобы произвести потенциально полезный, товарный или накапливаемый продукт серной кисло-

ты и/или извлечение серной кислоты в поток, пригодный для вторичного использования; или ПРВ в условиях горячей соляной кислоты, чтобы произвести потенциально полезный, товарный или накапливаемый продукт соляной кислоты и/или хлорида железа, и/или извлечение соляной кислоты в поток, пригодный для извлечения.

Раствор соляной кислоты для выщелачивания по этапу а) или с) и/или хлорирование выщелачивающего раствора на этапе d) по первому варианту реализации изобретения может содержать хлорид железа и может быть обработан с использованием давления, осаждения или кристаллизации, при этом концентрация осуществляется путем выпаривания, обратного осмоса, нанофильтрации или других мембранных технологий жидкостной экстракции или ионного обмена или обработкой посредством барботажа/ректификации, пирогидролиза, гидротермальных и других технологий, известных специалистам в данной области техники для получения железосодержащих продуктов.

В некоторых вариантах реализации изобретения раствор выщелачивания соляной кислотой или раствор выщелачивания рассолом на этапе а), b) или с) может быть нейтрализован известняком для осаждения гидроксида железа и других элементов пустой породы и получения фильтрата хлорида кальция, который может быть выпарен, а кальций удален посредством добавления серной кислоты. Указанный фильтрат соляной кислоты, рассола или хлорида кальция после этого может быть повторно использован на этапах а) или d), приведенных выше.

Указанная среда выщелачивания хлорированием по этапу d) может содержать соляную кислоту или рассол в сочетании с окислительным реагентом, таким как хлор, гипохлорит, перекись водорода или другими окислительными реагентами, известными специалистам в данной области техники, и этап выщелачивания может быть выполнен в условиях окисления, тем самым производя хлорирующий ПРВ, содержащего один или более товарных элементов, содержащих или состоящих из МПГ, Au, Ag, Ni, Co, Cu, PЗЭ, U, Th, Zn, Mn, Cd, Mo, V, Sn и Ti.

Указанный хлорирующий ПРВ, образованный на этапе d), может содержать один или более товарных элементов, содержащих или состоящих из МПГ, Au, Ag, также, как и Ni, Co, Cu, PЗЭ, U, Th, Zn, Mn, Cd, Mo, V, Sn и Ti, и могут быть подвергнуты разделению и/или извлечению одного или более товарных элементов с использованием таких технологий, как экстракция растворителем, ИО, осаждение с применением гидроксидов, карбонатов или сульфидов, электролитическое выделение, восстановление и другие технологии, которые известны специалистам в данной области техники, основанные на технико-экономических соображениях.

В другом конкретном варианте реализации изобретения этап d) выщелачивания хлорированием может включать менее кислую выщелачивающую хлористую среду, имеющую pH между около 2,5 и 7,5 при температуре в диапазоне между около или от 50-150°C.

В другом конкретном варианте реализации изобретения этап d) выщелачивания хлорированием может включать хлоридную выщелачивающую среду со свободной кислотностью между около или от 50 до 300 г/л HCl, удерживаемую при температуре в диапазоне между около или от 50-150°C.

В соответствии с еще одним конкретным вариантом реализации изобретения этап d) выщелачивания хлорированием может выполняться при атмосферном давлении или давлении автоклавного выщелачивания рассолом в условиях окисления.

В соответствии с альтернативным вариантом реализации изобретения предусмотрен способ гидрометаллургического извлечения одного или более товарных металлов, выбранных из группы, состоящей из благородных элементов, включающих металлы платиновой группы (МПГ), т.е. платину, палладий, родий, иридий, рутений и осмий; золото и серебро; цветные металлы, включающие никель, кобальт, медь, цинк, иттрий, скандий, уран, торий, марганец, цинк, кадмий, молибден, титан и олово; редкоземельные элементы (PЗЭ); и редкие элементы, включающие ванадий, германий и галлий из сырьевого материала, содержащего товарные металлы, включающие или состоящие из любой одной или более из металлоносных руд; концентрата; твердого остатка от гидрометаллургической обработки; и твердый остаток после разделения твердой и жидкой фаз суспензии продукта от выщелачивания горячей серной кислотой под давлением или при атмосферных условиях из металлоносной руды, концентрата или твердого остатка, при этом в указанном способе, включающем или имеющем в своем составе воздействие на сырьевой материал, выполняются следующие шаги, включающие или состоящие из:

i. выщелачивание горячей соляной кислотой или рассолом под давлением или при атмосферных условиях без добавления окислителя или восстановителя или с добавлением восстановителя для получения суспензии продукта, содержащей хлориды товарных и сопутствующих металлов в растворе соляной кислоты и твердый остаток, содержащий товарные металлы; и

ii. проведение обработки суспензии продукта из шага i до обычных технологий плавки и аффинажа.

В этом альтернативном варианте реализации изобретения продукт суспензии с шага i или его фильтрат, после разделения твердой и жидкой фаз, может быть дополнительно подвергнут извлечению удалением любых растворенных МПГ, цветных металлов, частиц железа и серы с использованием технологий, известных специалистам в данной области техники, включая осаждение, кристаллизацию, восстановление, ионный обмен или экстракцию растворителем, а также этапы концентрации, такие как вакуумная кристаллизация или мембранное разделение.

В этом альтернативном варианте реализации изобретения твердый остаток от выщелачивания горячей серной кислотой может быть выплавлен еще до выщелачивания горячей соляной кислотой или расолом.

Любой один или более технологических процессов по данному изобретению могут быть интегрированы в существующий способ, включая, например "процесс Келля", как описано в WO 99/60178 (см. фиг. 1), или модифицированный процесс Келля, как описано в WO 2014/009928 Австралийская патентная заявка № 2013263848, или Южно-Африканский патент заявка № 2014/08682 или обычный технологический процесс кучного или резервуарного выщелачивания для извлечения цветных металлов.

#### **Краткое описание графических материалов**

На фиг. 1 изображен чертеж упрощенной блок-схемы одного возможного варианта реализации изобретения по данному способу (блоки термообработки являются необязательными в зависимости от сырьевого материала);

на фиг. 2 - чертеж упрощенной блок-схемы, иллюстрирующей более подробно один пример ее реализации (блоки термообработки являются необязательными в зависимости от сырьевого материала);

на фиг. 3 - выщелачивание горячей HCl для извлечения цветных металлов и железа из остатка выщелачивания под давлением из концентрата PGM с 14% Fe, 11% S и высоким содержанием сульфидов;

на фиг. 4 - выщелачивание горячей HCl для извлечения цветных металлов и железа из остатка выщелачивания под давлением из концентрата PGM с 13% Fe, 5% S и низким содержанием сульфидов;

на фиг. 5 - выщелачивание горячей HCl для извлечения цветных металлов и железа из остатка выщелачивания под давлением из тугоплавкого золотого концентрата; и

на фиг. 6 - выщелачивание горячей HCl для извлечения цветных металлов и железа из остатка выщелачивания под давлением из медно-золотого концентрата.

#### **Подробное описание изобретения**

Данное изобретение предусматривает гидрометаллургический технологический процесс извлечения и разделения ценных благородных, цветных или редких элементов из сырьевого материала, содержащего руды, концентраты и другие материалы. В частности, указанный способ представляет собой технологический процесс, интегрированный в один или более существующих процессов извлечения ценных элементов.

Описанный в данном документе новый технологический маршрут служит примером значительных изменений, которые дополняют гидрометаллургический технологический маршрут извлечения ценных металлов из полиметаллических пород, описанный в Международной патентной публикации № WO 99/60178, известный как "Kell Process" или "KellGold Process" (см. фиг. 1), Международной заявке на патент № WO 2014/009928, Австралийская патентная заявка № 2013263848 и Южно-Африканская патентная заявка № 2014/8682 (содержание каждой из которых включено в настоящий документ посредством ссылки). Все эти технологические процессы требуют в качестве исходного материала руду или концентрат указанной руды и производят один или более выщелачивающих водных растворов, содержащих растворенные ценные металлы и другие элементы.

Один из вариантов реализации данного изобретения описывает новый способ количественно оцениваемого удаления в отношении дополнительных цветных, редких и сопутствующих элементов из остатков выщелачивания под давлением, позволяющий повысить эффективность дальнейшей обработки твердых тел для извлечения ценных металлов, и включает в себя или состоит из следующих этапов:

(i) предоставление руды или концентрата, сделанного из руды или другого металлоносного рудного сырья, или промытого твердого осадка, содержащего благородные металлы, включая металлы платиновой группы (МПП), золото и серебро и остаточные цветные и редкие металлы из отфильтрованного продукта суспензии, изготовленной при сульфатном выщелачивании под давлением или атмосферного окисления, которое включало в себя фильтрат сульфатного выщелачивания, содержащего цветные металлы;

ii) выщелачивание руды, концентрата, другого металлоносного рудного сырья и/или промытых твердых остатков в горячей соляной кислоте (HCl) для выщелачивания при атмосферном давлении и температуре между около 60-90°C, более предпочтительно около 70°C, без добавления окислителя или восстановителя, или с добавлением восстановителя в виде фильтрата выщелачивания с растворенными в нем остаточными цветными металлами, такими как никель, кобальт, медь, цинк, элементы пустой породы, включая железо, алюминий, кальций, магний и сера, МПП и другие редкие и благородные металлы, также как и некоторые амфотерные элементы, включая мышьяк, висмут, селен, теллур и сурьму, а также твердый остаток;

(iii) разделение фильтрата выщелачивания HCl от твердого остатка с промывкой;

(iv) извлечение железа, алюминия, магния, кальция, сульфата, ценных металлов, соляной кислоты и воды из фильтрата HCl посредством стандартных способов, известных специалистам в данной области техники, включая любой один или более из: ионный обмен (ИО), хелатирование, молекулярные технологии распознавания (МТР), полимерные или другие сорбенты, экстракции растворителем, осаждение с применением гидроксидов, аммиак, карбонаты и сульфиды, электролитическое выделение, восстановление или другие технологии, основанные на технико-экономических соображениях, и удаление элементов

пустой породы;

(v) необязательно обжиг или тепловая обработка твердого остатка от этапа выщелачивания HCl для того, чтобы сформировать кальцин;

(vi) выщелачивание кальцина или промывка твердого остатка из этапа выщелачивания HCl в выщелачивание окислительным хлорированием с целью формирования фильтрата выщелачивания хлорированием с растворенными в нем благородными металлами в растворе, подходящем для эффективного извлечения МПГ, золота и серебра посредством стандартных способов, известных специалистам в данной области техники, включая ионный обмен (ИО), хелатирование, молекулярные технологии распознавания (МТР), полимерные или другие сорбенты, экстракцию растворителем, осаждение с использованием гидроксидов, аммиака, карбонатов и сульфидов, электролитическое выделение, восстановление, или другие технологии, основанные на технико-экономических соображениях, а также остаток твердых отходов, содержащих элементы пустой породы; и

(vii) проведение обработки раствора продуктов из процесса извлечения соляной кислоты, железа, алюминия, магния, кальция, сульфата и остаточных цветных металлов посредством одного или более способов, включая предварительное кипячение, ректификацию, дистилляцию, адсорбцию, повторное кипячение, пиролиз, распыление при обжиге, гидротермальные или другие технологические комбинации, известные специалистам в данной области техники, тем самым обеспечивая получение обедненного раствора.

Указанное нововведение предоставляет возможность для эффективного удаления железа и других элементов пустой породы из технологического процесса, потенциально снижая количество потребителей реагента. Обнаружено, что соляная кислота выщелачивает элементы пустой породы более быстро и полнее, чем другие кислоты, такие как серная кислота. Кроме того, удаление этих элементов пустой породы уменьшает массовый поток для последующей обработки, и эффективно удаляет потенциальных потребителей реагента на необязательном этапе термической обработки и на обязательном этапе выщелачивания хлорированием.

Преимуществом является также то, что способ по данному изобретению не требует использования цианида или ртути; токсичных химических веществ, которые обычно используются при обработке благородных металлов, требующих строгого контроля безопасности и охраны окружающей среды. Кроме того, указанный способ по данному изобретению обеспечивает альтернативный способ, построенный на основе принципов экологической ответственности, извлечения благородных металлов, не образующих SO<sub>2</sub> и других загрязняющих веществ, наносящих ущерб окружающей среде.

Термины "элемент", "минерал" и "металл" использованы взаимозаменяемо в этом техническом описании.

Под "тугоплавким" обычно подразумевается золотосодержащий материал, который при выщелачивании цианидом дает менее 90% золота и/или серебра, даже при высоком избытке добавок цианида.

"Товарные металлы", "товарные элементы", "ценные металлы" или "ценные элементы" используются как взаимозаменяемые и означают любой элемент или металл, способный приносить доход за счет продажи металла или элемента в металлической форме или в виде соли или осадка указанного металла или элемента.

"МПГ" означают рутений (Ru), родий (Rh), палладий (Pd), осмий (Os), иридий (Ir) и платина (Pt).

"Благородные металлы" означают золото (Au), серебро (Ag) и МПГ в тех немногих случаях, когда руды, содержащие благородные металлы, также содержат связанные незначительные количества МПГ.

Также используемые здесь "цветные металлы" означают, за исключением благородных металлов, промышленные неферромагнитные металлы, такие как медь, свинец, никель, олово, вольфрам, цинк, кадмий, марганец, кобальт, уран, торий, молибден и титан. "Редкоземельные элементы" означают группу химически сходных металлических элементов, включающих серию лантаноидов (пятнадцать элементов), а также скандий и иттрий, поскольку они, как правило, встречаются в тех же рудных месторождениях, что и лантаноиды, и демонстрируют аналогичные химические свойства. "Редкие металлы" означают группу металлов, включая ванадий, германий и галлий, а также другие номинально ценные металлы, которые могут стоить извлечения.

"KellGold" обозначает процесс, описанный в Южноафриканской патентной заявке № 2014.08682. "Келл" означает основной процесс, описанный в Международной патентной публикации №. WO 99/60178 и модифицированные процессы, описанные в соответствующих патентах WO 2014/009928 или Австралийской патентной заявке № 2013263848 (все документы включены в данное техническое описание посредством ссылки) для извлечения МПГ и цветных металлов из концентратов.

"Выщелачивание горячей серной кислотой" означает процесс выщелачивания горячей серной кислотой (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), включающий один или комбинацию обычной атмосферной (20-100°C), низкой (100-130°C), средней (130-220°C) или высокой (220-260°C) температуры и давления выщелачивания используемой серной кислоты.

"Выщелачивание горячей соляной кислотой или HCl" означает процесс, посредством которого из твердого сырья элементы выщелачиваются соляной кислотой или подкисленным рассолом без добавления окисляющей кислоты, такой как газообразный хлор или восстановитель, или с добавкой восстанови-

теля, такого как металлические порошки, выделяющие диоксид серы химические вещества, органические реактивы, сульфидные соединения или концентраты для достижения значения уставки окислительно-восстановительного потенциала (ОВП). Выщелачивание производится при атмосферном давлении и температуре от 60 до 90°C, более предпочтительно при температуре около 70°C.

"Выщелачивание хлорированием" означает выщелачивание при обычных значениях атмосферного давления и температуры (20-100°C) или низких (100-130°C) в условиях окисления, при которых элементы выщелачиваются из твердого сырья соляной кислотой (HCl) или рассолом в сочетании с окислительным реагентом, таким, как хлор, гипохлорит, азотные соединения, перекись водорода или другие вещества, известные специалистам в данной области техники.

"Этап атмосферного выщелачивания" означает выщелачивание при обычном атмосферном давлении и температуре (20-100°C).

Термин "охлаждение и выдержка" в контексте этого приложения означает обеспечить ПРВ или другому технологическому водному раствору возможность удерживать свое состояние в течение периода времени, необязательно с добавлением твердых частиц от последующего этапа разделения твердой и жидкой фаз, и необязательно с приложением внешнего охлаждения.

"Традиционные технологии плавки и аффинажа" включают плавку, замещение и другие пирометаллургические технологические процессы в условиях, при которых исходные твердые вещества плавятся или испаряются, и которые хорошо известны специалистам в данной области техники.

"Рассол" представляет собой высококонцентрированный раствор соли (обычно хлорида, с противоионами, содержащими такие металлы, как натрий, калий, магний, кальций, алюминий, железо или другие катионы) в воде.

"Извлечение удалением" означает извлечение любых растворенных металлов или элементарных элементов с помощью таких технологий, как осаждение, кристаллизация, восстановление, ионный обмен или извлечение растворителем, а также этапы концентрации, такие как вакуумная кристаллизация или мембранное разделение.

Есть немалый выбор сырьевых материалов для потенциальной добычи благородных, цветных или редких элементов, которые либо уже не поддаются обработке с использованием современных обычных технологий, либо поддаются слабо, либо могут потребовать разработки специальной технологической схемы, проектирования по заказу и строительства специального завода, что может оказаться слишком дорогим, чтобы оправдать капитальные расходы с учетом размеров и других особенностей конкретного ресурса. В любом случае, конечное извлечение благородных, цветных или редких металлов может оказаться менее, чем желательным. Заявители успешно разработали технологический процесс, как это описано в данном документе, который допускает широкий спектр тугоплавких или нетугоплавких типов материалов в качестве сырья без каких-либо или при минимальных изменениях в схеме при переходе от одного типа сырья к другому.

Как проиллюстрировано на фиг. 1, конкретным вариантом реализации изобретения является гидрометаллургический технологический процесс извлечения товарных элементов, в том числе благородных, цветных и редких металлов, из спектра совершенно различных сырьевых материалов, включающего тугоплавкие, нетугоплавкие или трудноизвлекаемые виды материалов. Указанный технологический процесс, разработанный заявителем, является нововведением, дающим возможность получить высокую степень извлечения благородных металлов, особенно золота и/или серебра, наряду с попутными продуктами, такими как Cu, Ni, Co, Zn, Mn, Sc, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, S, МПГ и прочими, с использованием стандартных процессов хлорирования, но только в случае, если есть последовательное селективное предварительное удаление цветных металлов, серы и пустой породы с такими элементами, как железо, еще до хлорирования. Заявитель определил, что посредством приобщения технологических процессов предварительного удаления цветных металлов, серы и элементов пустой породы, можно существенно снизить потребление реагентов, ранее являвшееся весьма ограничивающим фактором при выщелачивании окислительным хлорированием, что практически отрицало коммерческую целесообразность этого процесса.

Кроме того, указанный способ по данному изобретению полностью исключает использование токсичных веществ, таких как цианид или содержащие ртуть реагенты в процессе извлечения, а также позволяет избежать выброса в атмосферу загрязняющих веществ, таких как диоксид серы (SO<sub>2</sub>) или триоксид мышьяка (As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) в окружающую среду.

Сырьевые материалы, подаваемые в технологический процесс, могут быть в виде как добыто в шахте, как получено или могут быть тонко измельчены до более мелкого размера зерна. Подаваемые сырьевые материалы могут также быть подвергнуты обработке на предыдущем этапе обогащения, таком как грохочение, сортировка, классификация, магнитная сепарация, электростатическое разделение, сепарация плотных сред, радиометрическая сортировка, оптическая сортировка, гравитационное разделение или посредством других средств обогащения, известных специалистам в данной области техники, чтобы повысить концентрацию ценных металлов или исключить компонент пустой породы. Однако необходимость и тип измельчения или обогащения на этом этапе будет зависеть от характеристик конкретного материала.

Как проиллюстрировано на фиг. 1, первый этап для сырьевого материала, который может быть кон-

центратом (10), включает проведение обработки на этапе (12) выщелачивания горячей серной кислотой ( $H_2SO_4$ ) под давлением или при атмосферных условиях ("выщелачивание горячей серной кислотой") для получения суспензии (14) продукта, содержащей сульфаты ценных металлов в растворе и твердый остаток, содержащий благородные металлы. Твердый остаток затем отделяют от сульфатов металла в растворе посредством разделения твердой и жидкой фаз, так, как, например, путем фильтрации или другими способами, известными специалистам в данной области техники.

Товарные цветные металлы и избыток серной кислоты могут быть извлечены с помощью этапа (18) извлечения цветного металла из любого из растворов, содержащего сульфаты металлов, в том числе выщелачиванием продукта суспензии исходной серной кислотой посредством таких технологических способов, как экстракция растворителем, ионный обмен, осаждение с использованием гидроксидов, аммиак, карбонаты или сульфиды, электролитическое выделение, восстановление или другие технологии, известные специалистам в данной области техники, основанные на технико-экономических соображениях.

Указанный твердый остаток (16) продукта выщелачивания с использованием  $H_2SO_4$ , дополнительно подвергают обработке выщелачивания горячим раствором соляной кислоты (HCl) при атмосферном давлении и при температуре  $70^\circ C$ , без добавления окислителя или восстановителя, или в условиях (20) восстановления, также называемой "HCl пре-выщелачивание", позволяющей устранить или преобразовать избыточное железо из твердого остатка в растворе HCl для удаления посредством экстракции железа растворителем, осаждения или другими способами, известными специалистам в данной области техники. Небольшое количество восстановителя, такого как металлические порошки, выделяющие диоксид серы химические вещества, органические реактивы, сульфидные соединения или концентраты, необязательно могут быть добавлены к пре-выщелачиванию (20) HCl для достижения заданного значения окислительно-восстановительного потенциала (ОВП).

Необязательно, технические решения, описанные в Международной патентной публикации № WO 2014/009928 (содержание которой включено в настоящий документ посредством ссылки) могут также быть применены, обеспечивая возможность извлечения  $H_2SO_4$ , и при этом процесс осаждения коммерчески целесообразного продукта железа может быть применен после неокисляющего или восстановительного выщелачивания HCl.

В частности, твердый остаток после неокисляющего или восстановительного выщелачивания (20) HCl может быть сначала подвергнут термической (24) обработке, чтобы сделать ценные металлы доступными выщелачиванию, и может производить отходящие газы, содержащие серу, а отходящие газы могут затем подвергаться процессу извлечения серы (26):

- a. путем конденсации в качестве промежуточного продукта элементарной серы;
- b. в промежуточный продукт серной кислоты; или
- c. в сульфиды, полисульфиды, политионаты, тиосульфаты или аналогичные промежуточные продукты от отходящих газов из сушильного устройства.

Как правило, термическая обработка (24) будет осуществляться примерно при около  $80-750^\circ C$  в течение до 120 мин, предпочтительно при около  $300-700^\circ C$  в течение от 10 до 30 мин, в окислительной, нейтральной или восстановительной среде, для удаления летучих компонентов из указанного твердого остатка и сокращения или устранения природных сорбционных свойств материала.

Указанная термическая обработка может включать в себя, при необходимости, второй этап нагрева при около  $500-1000^\circ C$  в течение до 120 мин, предпочтительно при около  $700-1000^\circ C$  в течение от 30 до 120 мин, в окислительной, нейтральной или восстановительной среде, для обеспечения возможности растворения ценных металлов в хлоридной среде выщелачивания. Дополнительно, этот шаг может устранять или модифицировать любые природные сорбционные свойства материала и свойства инкапсуляции или кроющие свойства углеродсодержащих и глинистых минералов, таким образом открывая благородным металлам возможность для последующего выщелачивания хлорированием.

Третий дополнительный этап нагрева при необходимости может быть выполнен для определенных материалов при около  $100-400^\circ C$  в течение до около 120 мин, предпочтительно при около  $150-300^\circ C$  в течение от 30 до 120 мин в окислительной, нейтральной или восстановительной среде, для обеспечения возможности растворения в хлоридной среде выщелачивания таких ценных металлов как Au, Ag, также как и Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os (иными словами МПГ), Ni, Co, Cu, PЗЭ, U, Th, Zn, Mn, Cd, Mo, V, Ti, Ge, Ga. Дополнительно, этот шаг может в дальнейшем устранять или модифицировать любые природные сорбционные свойства материала и свойства инкапсуляции или кроющие свойства углеродсодержащих и глинистых минералов, таким образом открывая благородным металлам возможность для последующего выщелачивания хлорированием.

Эти этапы нагрева при термической обработке (24) могут быть выполнены как отдельные этапы последовательного процесса термической обработки, так и в виде одного комбинированного этапа.

Отходящие газы, выделяемые на одном или более этапах (24) термической обработки, или подаваемый газ, могут быть дополнительно использованы путем распыления в суспензию продукта на стадии (20) выщелачивания HCl или в отделенный раствор соляной кислоты из суспензии продукта выщелачивания HCl, или в хлорирующий ПРВ после окислительного выщелачивания хлорированием (28). Например, восстанавливающий отходящий газ может быть использован для восстановления благородных ме-

таллов, таких как МПГ или золото в растворе, превращая их в металлы, которые переходят в твердую фазу для извлечения на последующем этапе окислительного хлорирования (28) технологического процесса. В качестве другого примера, золото или МПГ в растворе либо из выщелачивания (20) HCl, либо из выщелачивания хлорированием (28) могут быть извлечены восстанавливающими осадками с использованием восстанавливающего отходящего газа.

После этапа (20) выщелачивания HCl раствор соляной кислоты, содержащий хлориды металлов, подвергают этапу очистки и/или модификации, включающий одну или более процедур экстракции растворителем, ионного обмена (ИО), хелатирования, молекулярной технологии распознавания (МТР), полимерных или других сорбентов; осаждения с использованием гидроксидов, аммиака, карбонатов или сульфидов, электролитического выделения, восстановления или других технических решений, известных специалистам в данной области техники (22) на основе технико-экономических соображений, а также производит промежуточный раствор продукта и промежуточный и твердый остаток. Указанный промежуточный твердый остаток выщелачивается на этапе (26) выщелачивания хлорированием.

Этап (20) выщелачивания HCl направлен на удаление пустой породы и остаточных цветных металлов после извлечения большинства цветных металлов выщелачиванием  $H_2SO_4$ . Указанная HCl, используемая на этом этапе, может быть успешно извлечена на этапе (30) регенерации HCl и возвращена обратно в технологический процесс, тем самым экономя реагент. После извлечения (32) благородных металлов и очистки (36) МПГ от хлорирующего выщелачивающего ПРВ оставшийся обедненный раствор (50) относительно чист, за счет предварительного удаления растворимой породы и цветных металлов на неокисляющем этапе или этапе (20) восстанавливающего выщелачивания HCl, следовательно, этот обедненный раствор (50) может быть возвращен непосредственно в процесс выщелачивания (28) хлорированием, с доливкой восстановленной HCl из этапа (30) регенерации HCl.

Указанный этап (28) выщелачивания хлорированием может быть оптимизирован для эффективного извлечения и/или разделения некоторых из товарных элементов, которые могут присутствовать в многокомпонентном сырье. В частности, этап (28) выщелачивания хлорированием осуществляется в условиях окисления с использованием соляной кислоты или рассола в сочетании с окислительным реагентом, таким как хлор, гипохлорит, перекись водорода или другими материалами, известными специалистам в данной области техники. Ценные элементы, такие как Au, Ag, также как и Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os (иными словами МПГ), Ni, Co, Cu, PЗЭ, U, Th, Zn, Mn, Cd, Mo, V, Ti, Ge, Ga, выщелачиваются в хлорирующем продуктивном растворе выщелачивания (ПРВ), оставляя твердые отходы в осадке (40).

Благородные металлы отделяют и извлекают (32) из хлорирующего ПРВ (28), и они с гарантией могут быть очищены от элементов предыдущих технологических потоков, с использованием обычных способов, известных специалистам в данной области техники, включая технические решения, такие как экстракция растворителем, ионный обмен, кристаллизация соли, осаждение с использованием гидроксидов, карбонаты или сульфиды, электролитическое выделение, восстановление и другие.

Выбор конкретных единичных технологических процессов для разделения и/или извлечения побочных ценных элементов производится на основе технико-экономических соображений и требований к продукту, таких как производство чистых металлов в виде порошковой "губки", литых слитков или изделий, предшественников конечного продукта, таких как растворы катализаторов или соли. В некоторых случаях предпочтительным может быть менее чистый продукт.

Коммерчески привлекательные элементы, отделенные и извлеченные из хлорирующего ПРВ (28), включают МПГ, золото, серебро и редкие металлы. Указанный технологический процесс по данному изобретению предоставляет возможность отделить эти элементы от других ценных металлов, таких как никель, кобальт и медь, и, кроме того, редкоземельных элементов, включая иттрий и скандий, и уран, торий, ванадий, титан, марганец, цинк и кадмий, в то время как компоненты железа могут быть также извлечены в качестве коммерчески привлекательных продуктов, таких как пигменты и наноматериалы.

HCl и/или  $H_2SO_4$  из указанного технологического процесса могут быть возвращены обратно в указанный технологический процесс, тем самым снижая производственные затраты, кроме того дополнительное количество металлов может быть извлечено в течение этого процесса возврата в цикл. Цветные металлы, такие как никель, медь и кобальт, а также любое незначительное количество золота, серебра, МПГ или других ценных металлов, если они присутствуют, могут быть извлечены с использованием процесса извлечения очищением или переработаны вместе со свободной кислотой в подходящие технологические потоки ранее в процессе. ИО, хелатирование (например, тиол, тиоурониум, полиамины или прочее), полимерные сорбенты, волокна, углероды, биологические или другие материалы, такие, как растворители экстрагентов, осаждающие реактивы или восстановители могут быть использованы для извлечения небольших количеств в незначительных следах, если они присутствуют, МПГ, золота, серебра или других ценных металлов из указанных технологических потоков.

Во втором конкретном варианте реализации данного изобретения, как проиллюстрировано на фиг. 2, железо сначала извлекается из выщелоченного (120) HCl ПРВ с использованием экстракции (140) растворителем или других технологических маршрутов, известных специалистам в данной области техники, таких как гидроксид или карбонатные осадки. Обедненный раствор может быть подвергнут гидролизу (160) с помощью технических приемов, таких, как посредством одного или более этапов, включая пред-

варительное кипячение, ректификацию, дистилляцию, адсорбцию, повторное кипячение, пиролиз, распыление при обжиге, гидротермальные и/или другие технологические комбинации, известные специалистам в данной области техники, производя потенциально товарные или высвобождаемые железо-содержащие продукты (180), либо производя непосредственно в виде гидролизованного осадка.

Указанный обедненный поток хлорида из неокисляющего или восстановительного выщелачивания HCl (120), этапы добычи (140) Fe или гидролиза (160), извлечения (280) очищением и/или выщелачивания (200) хлорированием могут быть подвергнуты предварительному кипячению-ректификации-повторному кипячению или серной обработке (220), тем самым достигается более результатов, в том числе восстановление концентрированной HCl, удаление кальция и извлечение в виде сульфатных или сульфидных солей остаточного металла, такого, как медь, никель, кобальт, родий, рутений, иридий, ванадий, германий, галлий или скандий, для переработки или извлечения. Указанный обедненный раствор (240) хлорида после извлечения как неочищенных, так и очищенных благородных металлов, а также следов других элементов содержит мало железа и других металлов и, следовательно, может быть переработан непосредственно или подвергнут прямому извлечению кислот и металлов посредством обычной технологии, такой как гидротермальная, распыление при обжиге, гидропиролиз или другие технологические процессы, известные специалистам в данной области техники.

Для осуществления удаления железа и пустой породы указанное выщелачивание соляной кислотой или рассолом может быть нейтрализовано использованием известняка (140) для осаждения гидроокиси железа и других элементов (160) пустой породы, и произведен фильтрат хлорида кальция, который может быть подвергнут извлечению очищением любых остаточных ценных металлов (280), используя сорбент или осадитель, затем осуществляют выпаривание, а кальций удаляют добавлением серной кислоты (220). Соляная кислота, рассол или фильтрат хлорида кальция после этого сразу могут быть повторно использованы для выщелачивания HCl (120) или хлорирования (200).

В тех случаях, когда это оправдано, обедненные растворы хлоридов (50, 220, 240) могут быть обработаны посредством использования различий в растворимости сульфатов металлов при определенных условиях. Например, обедненные растворы хлорида (50, 220, 240) могут быть связаны с 70% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, а затем предварительно нагреты на этапе предварительного кипячения, на котором основная часть HCl выпаривается для извлечения. Кальций может быть удален посредством осаждения гипсом, и оставшийся раствор вводят в ректификационную колонну, в которой вода остается в значительной степени неутрачиваемой, в то время как оставшаяся HCl практически полностью испаряется или возвращается обратно в оставшийся раствор.

Пары с этапа извлечения (220) HCl могут быть пропущены через водоохлаждаемую абсорбционную колонну, в которой указанная HCl извлекается посредством поглощения (260) в фильтре хлорирования промывочной воды, производя 33%-ную HCl, пригодную для использования на этапе (120) неокисляющего или восстанавливающего выщелачивания HCl или на этапе (200) выщелачивания окисляющим хлорированием и/или в течение прямого повторного использования промывных вод.

Возможным альтернативным вариантом реализации данного изобретения в зависимости от технико-экономических соображений, было бы воздействие на суспензию продукта, содержащую хлориды товарных и сопутствующих металлов в растворе соляной кислоты и твердый остаток, содержащий товарные металлы из этапа выщелачивания HCl (120) для обычной плавки и технологии аффинажа.

В этом альтернативном варианте реализации изобретения указанная суспензия продукта из этапа (120) выщелачивания HCl или его фильтрат после разделения твердой и жидкой фаз могут быть дополнительно подвергнуты извлечению очисткой любых растворенных МПГ, цветных металлов, частиц железа и серы посредством различных технологий, включая осаждение, кристаллизацию, восстановление, ионный обмен или экстракцию растворителем и этапы концентрации, такие, как вакуумная кристаллизация или мембранное разделение.

В этом альтернативном варианте реализации изобретения указанный твердый остаток из этапа (100) АО (автоклавное окисление) выщелачиванием, может быть выплавлен до подачи в реакционный сосуд.

### Примеры

Как правило, требуются различные комбинации технических решений в зависимости от конкретной минералогии образца, химии и металлургической реакции. Приведенные ниже примеры приведены для того, чтобы продемонстрировать эффективность описанной методики, которая была задействована для обработки конкретных сырьевых материалов. Эти примеры никоим образом не должны толковаться как каким-либо образом ограничивающие сферу применения изобретения, и приводятся только для иллюстрации.

Пример 1. Обработка первичного МПГ концентрата с 14% Fe, 11% S.

В этом примере флотационный концентрат с головным содержанием, показанным в табл. 1, подвергают автоклавному окислению (АО) серной кислотой, выщелачивая >95% никеля, кобальта и меди и ~2% железа, а отфильтрованный и промытый осадок АО подвергают воздействию этапа атмосферного неокисляющего выщелачивания горячей соляной кислотой (предварительное выщелачивание HCl), для осуществления удаления железа, также, как и остатков цветных металлов, таких, как никель, медь, кобальт, цинк в отдельный поток. Фиг. 3 изображает добычу цветных металлов и железа с использованием

дозы кислоты на этапе предварительного выщелачивания HCl. Образец остатка на этом этапе подвергался термической обработке и хлорированию с общей добычей в результате этого неоптимизированного эксперимента >95% никеля, кобальта, меди, палладия, платины. Табл. 2 показывает разбивку элементарных экстракций на основных этапах экстракции.

Таблица 1. Головные содержания концентрата МПГ с высоким содержанием сульфидов

| Образец                                        | Содержание, г/т<br>(грамм на тонну) |      |     | Содержание, % |      |      |      |      |
|------------------------------------------------|-------------------------------------|------|-----|---------------|------|------|------|------|
|                                                | Pt                                  | Pd   | Au  | Ni            | Cu   | Co   | Fe   | S    |
| Концентрат МПГ с Высоким Содержанием Сульфидов | 29.6                                | 24.2 | 3.5 | 29.4          | 36.8 | 0.11 | 13.7 | 11.1 |

Таблица 2. Поэтапные извлечения элементов из концентрата МПГ с высоким содержанием сульфидов

| Этап                   | Извлечение (%) |           |           |           |           |           |           |           |
|------------------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                        | Pt             | Pd        | Au        | Ni        | Cu        | Co        | Fe        | S         |
| АО                     | 0              | 0         | 0         | 97        | 98        | 95        | 2         | 97        |
| Пре-выщелачивание HCl  | 0              | 0         | 0         | 55        | 85        | 26        | 71        | 98        |
| Пост-выщелачивание HCl | 0              | 1         | 0         | 54        | 52        | 14        | 10        | -         |
| Хлорирование           | 96             | 98        | 87        | 41        | 49        | 13        | 15        | -         |
| <b>Всего</b>           | <b>96</b>      | <b>98</b> | <b>87</b> | <b>99</b> | <b>99</b> | <b>97</b> | <b>82</b> | <b>99</b> |

Пример 2. Обработка первичного концентрата МПГ с 13% Fe, 5% S.

В этом примере флотационный концентрат с головным содержанием, показанным в табл. 3, подвергают автоклавному окислению (АО) серной кислотой, выщелачивая >85% никеля, кобальта и меди и ~1% железа, а отфильтрованный и промытый осадок АО подвергают воздействию этапа атмосферного неокисляющего выщелачивания горячей соляной кислотой (предварительное выщелачивание HCl), для осуществления удаления железа, также как и остатков цветных металлов, таких как никель, медь, кобальт, цинк в отдельный поток. Фиг. 4 изображает добычу цветных металлов и железа с использованием дозы кислоты на этапе предварительного выщелачивания HCl. Табл. 4 показывает разбивку элементарных экстракций на основных этапах экстракции.

Таблица 3. Головные содержания концентрата МПГ с низким содержанием сульфидов

| Образец                                       | Содержание, г/т<br>(грамм на тонну) |      |     | Содержание, % |     |      |      |     |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------|------|-----|---------------|-----|------|------|-----|
|                                               | Pt                                  | Pd   | Au  | Ni            | Cu  | Co   | Fe   | S   |
| Концентрат МПГ с Низким Содержанием Сульфидов | 46.9                                | 30.3 | 1.3 | 2.4           | 1.7 | 0.11 | 13.0 | 4.7 |

Таблица 4. Поэтапные извлечения элементов из концентрата МПГ с низким содержанием сульфидов

| Этап                  | Извлечение (%) |           |           |           |           |           |           |           |
|-----------------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                       | Pt             | Pd        | Au        | Ni        | Cu        | Co        | Fe        | S         |
| АО                    | 0              | 0         | 0         | 87        | 86        | 88        | 1         | 81        |
| Пре-выщелачивание HCl | 0              | 0         | 1         | 85        | 82        | 70        | 67        | 92        |
| Хлорирование          | 96             | 96        | 74        | 49        | 89        | 19        | 9         | 69        |
| <b>Всего</b>          | <b>96</b>      | <b>97</b> | <b>87</b> | <b>99</b> | <b>99</b> | <b>97</b> | <b>77</b> | <b>99</b> |

Пример 3. Обработка тугоплавкого золотосодержащего концентрата с 30% Fe, 32% S.

В данном примере флотационный концентрат с головным содержанием, показанным в табл. 5, подвергают автоклавному окислению (АО) серной кислотой, выщелачивая 34% железа, а отфильтрованный и промытый осадок АО подвергают воздействию этапа атмосферного неокисляющего выщелачивания горячей соляной кислотой (предварительное выщелачивание HCl), для осуществления удаления железа, серебра и мышьяка, также как и остаточных цветных металлов, таких как медь, в отдельный поток.

Фиг. 5 изображает наглядные экстракции элементов с использованием дозы кислоты на этапе предварительного выщелачивания HCl. Табл. 6 показывает разбивку элементарных экстракций на трех основных этапах экстракции.

Таблица 5. Головные содержания для тугоплавкого золотосодержащего концентрата

| Образец                                       | Содержание, г/т<br>(грамм на тонну) |     |     |     | Содержание, % |     |      |      |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------|-----|-----|-----|---------------|-----|------|------|
|                                               | Au                                  | Ag  | Pt  | Pd  | As            | Cu  | Fe   | S    |
| Тугоплавкий<br>золотосодержащий<br>Концентрат | 27.0                                | 2.4 | 1.7 | 0.9 | 6.3           | 0.1 | 29.5 | 31.8 |

Таблица 6. Поэтапные извлечения элементов из тугоплавкого золотосодержащего концентрата

| Этап                  | Извлечение (%) |           |           |           |            |           |           |           |
|-----------------------|----------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
|                       | Au             | Ag        | Pt        | Pd        | As         | Cu        | Fe        | S         |
| АО                    | 0              | 0         | 0         | 0         | 29         | 85        | 34        | 73        |
| Пре-выщелачивание HCl | 5              | 98        | 15        | 63        | 100        | 85        | 98        | 93        |
| Хлорирование          | 96             | 77        | 69        | 68        | 88         | 55        | 32        | 83        |
| <b>Всего</b>          | <b>96</b>      | <b>99</b> | <b>74</b> | <b>88</b> | <b>100</b> | <b>99</b> | <b>99</b> | <b>99</b> |

Для того чтобы проиллюстрировать извлечение благородных металлов как из ПРВ пре-выщелачивания HCl, так и из хлорирующего ПРВ, результаты экстракционно-десорбционных испытаний адсорбента показали следующие извлечения: Au; Ag, Pt 99% и Pd 98%. В табл. 7 приведены некоторые иллюстративные результаты, демонстрирующие эффективное извлечение золота на коммерчески доступный адсорбент.

Таблица 7. Извлечение благородных металлов из продуктивных растворов выщелачивания при обработке тугоплавкого золотосодержащего концентрата с использованием адсорбента

| Этап                  | Извлечение, % |    |    |    |
|-----------------------|---------------|----|----|----|
|                       | Au            | Ag | Pt | Pd |
| Пре-выщелачивание HCl | 94            | 99 | 96 | 95 |
| Хлорирование          | 99            | 96 | 99 | 98 |

В этом примере флотационный концентрат с головным содержанием, показанным в табл. 8, подвергают автоклавному окислению (АО) серной кислотой, выщелачивая 34% железа, а отфильтрованный и промытый осадок АО подвергают воздействию этапа атмосферного неокисляющего выщелачивания горячей соляной кислотой (предварительное выщелачивание HCl), для осуществления удаления железа, серебра и мышьяка, также, как и остаточных цветных металлов, таких как медь, в отдельный поток. Фиг. 6 изображает экстракции элементов с использованием дозы кислоты на этапе предварительного выщелачивания HCl. Табл. 9 показывает разбивку элементарных экстракций на трех основных этапах экстракции.

Таблица 8. Головные содержания для тугоплавкого золотосодержащего концентрата

| Образец                                       | Содержание, г/т<br>(грамм на тонну) |     |     | Содержание, % |      |      |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------|-----|-----|---------------|------|------|
|                                               | Au                                  | Ag  | As  | Cu            | Fe   | S    |
| Тугоплавкий<br>золотосодержащий<br>Концентрат | 170                                 | 134 | 820 | 11.6          | 33.7 | 39.3 |

Таблица 9. Поэтапные извлечения элементов из тугоплавкого золото-медного концентрата

| Этап                  | Извлечение, % |           |           |           |           |           |
|-----------------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                       | Au            | Ag        | As        | Cu        | Fe        | S         |
| АО                    | 0             | 0         | 33        | 99        | 34        | 99        |
| Пре-выщелачивание HCl | 3             | 98        | 99        | 98        | 100       | 96        |
| Хлорирование          | 98            | 12        | 0         | 18        | 37        | 0         |
| <b>Всего</b>          | <b>98</b>     | <b>98</b> | <b>99</b> | <b>99</b> | <b>99</b> | <b>99</b> |

В этом случае этап термической обработки был введен после предварительного выщелачивания HCl, чтобы подготовить состояние хлорирующего сырья для выщелачивания. Для того чтобы проиллюстрировать извлечение благородных металлов как из ПРВ после предварительного выщелачивания HCl, так и из хлорирующего ПРВ, результаты экстракционно-десорбционных испытаний адсорбента показали

следующие экстракции соответственно: Ag 98% и Au 99%. Табл. 10 приводит некоторые иллюстративные результаты, которые демонстрируют эффективное извлечение золота как после предварительного выщелачивания HCl, так и из потоков хлорирования на более коммерчески доступных адсорбентах.

Таблица 10. Извлечение золота из продуктивных растворов выщелачивания при обработке тугоплавкого золото-медного концентрата с использованием адсорбента

| Адсорбент | Извлечение Au, %              |                               |
|-----------|-------------------------------|-------------------------------|
|           | Поток<br>выщелачивания<br>HCl | Пре-<br>Поток<br>Хлорирования |
| A         | 99                            | 99                            |
| B         | 89                            | 100                           |
| C         | 97                            | 100                           |

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Гидрометаллургический способ извлечения одного или более товарных металлов, выбранных из группы, состоящей из благородных элементов, включающих металлы платиновой группы (МПП), золота и серебра; цветных металлов, включающих никель, кобальт, медь, цинк, уран, торий, марганец, кадмий, молибден, титан и олово; редкоземельных элементов (РЗЭ); и редких элементов, включающих ванадий, германий и галлий из сырьевого материала, содержащего товарные металлы, имеющего в своем составе любое одно или более из: металлоносных руд или металлоносного рудного сырья; твердого концентрата; твердого остатка от гидрометаллургического процесса; и твердого остатка после разделения твердой и жидкой фаз суспензии продукта от горячего выщелачивания серной кислотой под давлением или при атмосферных условиях из металлоносной руды или металлоносного рудного сырья, концентрата или твердого остатка, при этом указанный способ включает следующие этапы проведения обработки сырьевого материала:

а) выщелачивание горячей соляной кислотой или подкисленным рассолом без добавления окислителя или восстановителя или с добавлением восстановителя под давлением или при атмосферных условиях при температуре от 60 до 90°C с получением суспензии, содержащей хлориды товарных металлов, включающих любой один или большее количество из никеля, кобальта, меди, цинка, урана, тория, марганца, кадмия, молибдена, титана или олова и хлориды сопутствующих металлов в растворе соляной кислоты или рассола и твердый остаток, содержащий указанные товарные металлы для извлечения, состоящие из одного или более МПП, золота, серебра и незначительного количества указанных сопутствующих цветных металлов, РЗЭ или редких металлов с последующим разделением из указанной суспензии раствора соляной кислоты или рассола и твердого остатка, содержащего товарные металлы;

б) очистку или модификацию раствора соляной кислоты или указанного рассола, содержащего хлориды сопутствующих металлов из этапа (а), включающую один или более этапов экстракции растворителем, ионного обмена (ИО), хелатирования, молекулярной технологии распознавания (МТР), сорбции, осаждения с применением гидроксидов, аммиака, карбонатов или сульфидов, электролитического выделения или химического восстановления для получения промежуточного раствора продукта и одного или более промежуточных твердых остатков, содержащих вторичные очищенные ценные металлы и элементы пустой породы;

в) регенерация соляной кислоты из промежуточного раствора продукта для извлечения одного или более: соляной кислоты, железа и очищенных товарных металлов для извлечения, или остатка материала пустой породы для утилизации и обедненного раствора;

г) разделение промежуточного раствора продукта и промежуточного твердого остатка из этапа (б), с последующим выщелачиванием выделенного промежуточного твердого остатка путем хлорирующего выщелачивания при температуре от 20 до 130°C в окислительных условиях с получением растворимых хлоридов товарных металлов, включающих МПП, золото и серебро, а также незначительное количество указанных сопутствующих цветных металлов, РЗЭ или редких металлов, в хлорирующем продуктивном растворе выщелачивания (ПРВ) и твердых отходов; и

е) проведение обработки хлорирующего ПРВ, содержащего хлориды металлов из этапа (д), с помощью одного или более из: ионного обмена (ИО), хелатирования, молекулярных технологий распознавания (МТР), сорбции, экстракции растворителем, осаждения, используя гидроксиды, аммиак, карбонаты и сульфиды, электролитического выделения и восстановления для извлечения одного или более из МПП, золота и серебра, а также незначительного количества указанных сопутствующих цветных металлов, РЗЭ или редких металлов.

2. Гидрометаллургический способ извлечения одного или более товарных металлов, выбранных из группы, состоящей из благородных элементов, включающих металлы платиновой группы (МПП), золота и серебра; цветных металлов, включающих никель, кобальт, медь, цинк, уран, торий, марганец, кадмий, молибден, титан и олово; редкоземельных элементов (РЗЭ); и редких металлов, включающих ванадий, германий и галлий из сырьевого материала, содержащего товарные металлы, имеющего в своем составе

любое одно или более из: металлоносных руд или металлоносного рудного сырья; твердого концентрата; твердого остатка от гидрометаллургического процесса; и твердого остатка после разделения твердой и жидкой фаз суспензии продукта от горячего выщелачивания серной кислотой под давлением или при атмосферных условиях из металлоносной руды или металлоносного рудного сырья, концентрата или твердого остатка, при этом указанный способ включает следующие этапы проведения обработки сырьевого материала:

а) выщелачивание горячей соляной кислотой или подкисленным рассолом без добавления окислителя или восстановителя или с добавлением восстановителя под давлением или при атмосферных условиях при температуре от около 60 до 90°C с получением суспензии, содержащей хлориды товарных металлов, включающих любой один или большее количество из никеля, кобальта, меди, цинка, урана, тория, марганца, кадмия, молибдена, титана или олова и хлориды сопутствующих металлов в растворе соляной кислоты или рассола и твердый остаток для извлечения, содержащий указанные товарные металлы, состоящие из одного или более МПГ, золота, серебра, и незначительного количества указанных сопутствующих цветных металлов, РЗЭ или редких металлов, с последующим разделением из указанной суспензии раствора соляной кислоты или рассола и твердого остатка, содержащего товарные металлы;

б) экстракция растворителем или осаждение раствора соляной кислоты с применением гидроксидов или карбонатов с получением промежуточного раствора продукта и промежуточного твердого остатка, содержащего железо;

в) разделение промежуточного раствора продукта и промежуточного твердого остатка из этапа (б) с последующим гидролизом промежуточного раствора продукта, включающим одно или более из: предварительное кипячение, ректификацию, дистилляцию, адсорбцию, повторное кипячение, пиролиз, распыление при обжиге, сульфатное осаждение и гидротермическую обработку промежуточного раствора продуктов из этапа (б), в результате чего получают один или более из следующего: соляную кислоту, кальций, железо и товарные металлы для извлечения или остаток материала пустой породы для утилизации и обедненный раствор;

г) выщелачивание выделенного промежуточного твердого остатка из этапа (в) путем хлорирующего выщелачивания при температуре от 20 до 130°C в окислительных условиях с получением растворимых хлоридов товарных металлов, включающих МПГ, золото и серебро, а также незначительное количество указанных сопутствующих цветных металлов, РЗЭ или редких металлов, в хлорирующем растворе выщелачивающего вещества (ПРВ) и твердых отходов;

д) проведение обработки хлорирующего ПРВ, содержащего хлориды металлов из этапа (г), с помощью одного или более из: ионного обмена (ИО), хелатирования, молекулярных технологий распознавания (МТР), сорбции, экстракции растворителем, осаждения, используя гидроксиды, аммиак, карбонаты и сульфиды, электролитическое выделение и восстановление с получением продукта вторичного промежуточного раствора и твердого остатка, содержащего товарные металлы из одного или более из МПГ, золота и серебра, а также незначительного количества указанных сопутствующих цветных металлов, РЗЭ или редких металлов для извлечения;

е) извлечение одного или более из соляной кислоты, кальция и остаточных сульфатных или сульфидных солей металла, содержащих медь, никель, кобальт, родий, рутений, иридий, ванадий, германий, галлий или скандий и получение остаточного материала пустой породы для утилизации и обедненного раствора с помощью одной или более технологий, включающей предварительное кипячение-ректификацию-повторное кипячение или серную обработку любого одного или более из раствора продуктов из этапов (а), (б), (д) или (е).

3. Гидрометаллургический способ по любому из пп.1 или 2, отличающийся тем, что этап а) выполняется с добавлением восстановителя.

4. Гидрометаллургический способ по любому из пп.1 или 2, отличающийся тем, что сорбция осуществляется полимерными сорбентами.

5. Гидрометаллургический способ по любому из пп.1 или 2, отличающийся тем, что дополнительно включает этапы проведения термической обработки твердого остатка с этапа (а) в окислительных, нейтральных или восстановительных условиях с последующим добавлением термически обработанного твердого остатка к этапу (д).

6. Гидрометаллургический способ по любому из пп.1 или 2, дополнительно включающий этап, на котором твердый остаток из этапа (а) подвергают термической обработке в окислительных, нейтральных или восстановительных условиях с последующим вторым этапом выщелачивания в горячей соляной кислоте или подкисленном рассоле под давлением или при атмосферных условиях при температуре от 60 до 90°C для получения суспензии продукта, содержащего товарные и сопутствующие хлориды металлов в растворе соляной кислоты и твердый остаток, содержащий товарные металлы, состоящий из одного или более МПГ, золота, серебра, и незначительного количества сопутствующих цветных металлов, РЗЭ или редких металлов с последующей дальнейшей обработкой в соответствии с этапами (с)-(е) п.1 или (с)-(ф) п.2.

7. Гидрометаллургический способ по п.6, отличающийся тем, что второй этап выщелачивания выполняют с добавлением восстановителя.

8. Гидрометаллургический способ по любому из пп.2-7, отличающийся тем, что один или более из технических приемов очистки и/или модификации, выбранных из группы, состоящей из ИО, хелатирования, МТР, сорбции, экстракции растворителем, осаждения с применением гидроксидов, аммиака, карбонатов или сульфидов, электролитического выделения и восстановления, выполнены для любого одного или более из: хлорирующего ПРВ из этапа (d) и промежуточного раствора продукта либо из этапа (b), либо из этапа (e) для дальнейшего получения промежуточных твердых остатков, содержащих товарные металлы, включающие МПГ, золото и серебро, и любые сопутствующие цветные металлы, РЗЭ и редкие металлы для извлечения, и последующего промежуточного раствора продуктов, которые добавляют на этапе (f).

9. Гидрометаллургический способ по любому из пп.1-8, отличающийся тем, что разделение твердой/жидкой фаз твердого остатка, содержащего товарные металлы, из суспензии продукта после горячего выщелачивания серной кислотой под давлением или при атмосферных условиях осуществляется фильтрацией.

10. Гидрометаллургический способ по любому из пп.1-9, отличающийся тем, что твердый остаток отделяют от хлоридов товарных металлов в растворе и, в подходящих случаях, из последующего промежуточного раствора продуктов из этапов (a), (b), (d), (e) и затем подачи результирующего разделенного раствора на следующий этап в указанном способе.

11. Гидрометаллургический способ по п.10, отличающийся тем, что разделение осуществляется фильтрацией.

12. Гидрометаллургический способ по любому из пп.1-11, отличающийся тем, что сырьевой материал руды, твердый концентрат, металлосодержащее сырье или остатки обрабатывается дроблением, перемалыванием или используется в добытом виде и/или подвергается стадии обогащения, включающей любое одно или более из: дробления, измельчения, грохочения, калибровки, классификации, магнитной сепарации, электростатической сепарации, флотации или гравитационной сепарации таким образом, чтобы концентрировать ценные металлы и получить промежуточный рудный продукт для обеспечения этапа (a) по п.1 или 2, исключив при этом побочные компоненты.

13. Гидрометаллургический способ по любому из пп.5-12, отличающийся тем, что термическая обработка осуществляется при температуре от 80-750°C в течение до 120 мин.

14. Гидрометаллургический способ по п.13, отличающийся тем, что термическая обработка дополнительно включает вторую термическую обработку, выполняемую при температуре от 500-1000°C в течение до 120 мин, или 700-1000°C в течение от 30 до 120 мин, в условиях окисления, восстановления или нейтральных условиях.

15. Гидрометаллургический способ по п.14, отличающийся тем, что термическая обработка дополнительно включает в себя третью термическую обработку, выполняемую при температуре от 100-600°C в течение до 240 мин или 100-400°C в течение 60-180 мин в условиях окисления, восстановления или нейтральных условиях.

16. Гидрометаллургический способ по п.14 или 15, отличающийся тем, что термическую обработку выполняют как отдельные этапы последовательного процесса термической обработки, так и в виде одного комбинированного этапа.

17. Гидрометаллургический способ по любому из пп.5-16, отличающийся тем, что при термообработке образуются отходящие газы, которые барботируют в суспензию на этапе (a) или в раствор соляной кислоты на этапе (b) или в хлорирующий ПРВ на этапе (e) по п.1 или 2.

18. Гидрометаллургический способ по любому из пп.5-17, отличающийся тем, что один или более восстанавливающих газов, содержащих синтез-газ, угарный газ или водород, барботируют в суспензию на этапе (a) или в раствор соляной кислоты на этапе (b) или в хлорирующий ПРВ на этапе (e) по п.1 или 2.

19. Гидрометаллургический способ по любому из пп.1-18, отличающийся тем, что любой из растворов продуктов подвергают этапу сорбции, в соответствии с которой товарные металлы, содержащие МПГ, золото и серебро, адсорбируются на смоле или сорбенте, а цветные металлы выгружаются в раствор.

20. Гидрометаллургический способ по любому из пп.1-19, отличающийся тем, что хлорирующий ПРВ этапа (d) и/или раствор продукта этапа (b) по п.1 или 2, или этапа (e) по п.2, и/или, в соответствующих случаях, последующий промежуточный раствор продуктов подвергают осаждению и очистке, включающий один или более из следующих этапов:

А. проведение осаждения сульфидов из любого одного или более из: хлорированного ПРВ этапа (d) или промежуточного раствора продукта этапа (b) по п.1 или 2, или этапа (e) по п.2, и/или, в соответствующих случаях, последующего промежуточного раствора продуктов, тем самым получая суспензию продукта, содержащего твердый остаток, содержащий элементарную серу, сульфиды металлов и/или сплавов, и отводящий раствор;

В. разделение твердой/жидкой фаз, включающее фильтрацию суспензии продукта этапа А для отделения твердого осадка из этапа А из отводящего раствора, при температурах в диапазоне от 10 до 130°C; и

С. выполнение ряда этапов очистки и извлечения твердого осадка из этапа В, включающих:

С.1. сублимацию твердого остатка при температуре в диапазоне 200-500°C для удаления серы и по-

лучения твердого остатка и продукта дистилляции серы;

С.ii. выщелачивание окислением под давлением твердого остатка этапа С.i при температурах в диапазоне 110-230°C;

С.iii. выщелачивание серной кислотой при атмосферных условиях твердого остатка из этапа С.ii при температурах в диапазоне 10-110°C для получения суспензии, содержащей твердый остаток, содержащий товарные металлы и сульфатный раствор выщелачивания;

С.iv. разделение твердой/жидкой фаз, включающее фильтрацию, при температурах в диапазоне 10-130°C с получением твердого остатка, содержащего товарные металлы, из сульфатного раствора выщелачивания в суспензии этапа С.iii; и

С.v. проведение обработки сульфатного раствора выщелачивания этапа С.iv в соответствии с одним или более техническими приемами, выбранными из группы, включающей выдержку, испарение, осаждение и повторное применение.

21. Гидрометаллургический способ по п.20, отличающийся тем, что включает растворение твердого остатка этапа С.i в подходящем для серы растворителе, выбранном из группы, включающей один или более из ароматических углеводородов; хлорированные или сульфидированные углеводороды; и серосодержащие лиганды, при температурах в диапазоне 10-130°C, для удаления серы и получения твердого остатка и продукта серного дистиллята и на этапе С.ii выщелачивание окислением под давлением твердого остатка при температурах в диапазоне 110-230°C.

22. Гидрометаллургический способ по п.20, отличающийся тем, что товарные металлы в сульфатном растворе выщелачивания этапа С.iv адсорбируются смолой или сорбентом, а цветные металлы выгружаются в раствор, и отводящий раствор подвергают одному или большему количеству технических приемов, включающих выдержку, испарение, осаждение и повторное применение.

23. Гидрометаллургический способ по п.20, отличающийся тем, что товарные металлы в отводящем растворе этапа В адсорбируются на смоле или сорбенте, а цветные металлы выгружаются в раствор.

24. Гидрометаллургический способ по п.20, дополнительно включающий извлечение и разделение соляной кислоты, кальция и остаточного цветного металла из отводящего раствора на этапе В и/или промежуточного раствора продукта на этапе (b) по п.1 или 2, или (e) по п.2, и/или, в соответствующих случаях, дополнительного промежуточного раствора продуктов, состоящий из следующих этапов:

I. подача отводящего раствора и/или промежуточного раствора продукта в испаритель предварительного кипячения вместе с частицами гипса таким образом, чтобы сгенерировать хлороводород и осадок гипса, после чего следует разделение твердой/жидкой фаз для получения осажденного гипса для извлечения и обработки отводящего раствора;

II(a) подача обработанного отводящего раствора с этапа I в колонну ректификации серной кислоты или выполнение повторного кипячения вместе с серной кислотой, таким образом, чтобы сгенерировать хлороводород и раствор серной кислоты, содержащий товарные, и/или извлекаемые цветные, и/или редкие металлы; или

II(b) подача отводящего раствора с этапа I в гидротермальный, распылительный обжиговой или пиролизный реактор для получения суспензии, содержащей твердые остатки оксида железа для извлечения и раствор цветных и/или редких металлов, с последующим разделением твердой и жидкой фаз;

III(a) этап охлаждения и выдержки раствора серной кислоты, полученного на этапе II(a) и/или раствора цветных и/или редких металлов этапа II(b) для кристаллизации сульфатных солей металлов для извлечения и/или повторного применения; или

III(b) выполнение одного или более этапов, выбранных из группы, состоящей из сорбции, испарения и осаждения, для извлечения и/или повторной переработки раствора серной кислоты, образованного на этапе II(a) и/или раствора металлов из цветных и/или редких металлов из этапа II(b) для извлечения или повторного применения сульфатных солей металлов; и

IV. проведение дистилляции и абсорбции хлороводорода из этапа I или этапа II для извлечения раствора соляной кислоты.

25. Гидрометаллургический способ по п.24, отличающийся тем, что извлеченную соляную кислоту повторно применяют в процессе выщелачивания соляной кислотой на этапе (a) и/или в процессе выщелачивания хлорированием на этапе (d) по п.1 или 2.

26. Гидрометаллургический способ по любому из пп.2-25, отличающийся тем, что обедненный раствор из этапа (c) и/или этапа (f) повторно применяют на этапе (b) в качестве подпиточной воды, тем самым предоставляя возможность повторно использовать соляную кислоту.

27. Гидрометаллургический способ по любому из пп.1-26, отличающийся тем, что сульфаты товарных металлов в растворе сырьевого материала состоят из одной или более из сульфатных солей металла: меди, никеля, кобальта, родия, рутения, иридия, ванадия, германия, галлия и скандия.

28. Гидрометаллургический способ по любому из пп.1-27, отличающийся тем, что сырьевой материал содержит или состоит из одного отдельного материала или смеси тугоплавких и нетугоплавких материалов, отличающихся по своим качествам.

29. Способ по любому из пп.1-28, отличающийся тем, что дополнительно включает этап выдержки раствора соляной кислоты этапа (a) и/или хлорирующего ПРВ этапа (d) по п.1 или 2 для кристаллизации

диоксида кремния, включающий следующие этапы:

АА. подача раствора соляной кислоты или хлоридного ПРВ в миксер;

ВВ. добавление твердых частиц диоксида кремния в раствор хлорида этапа АА;

СС. выдерживание раствора хлорида при температуре окружающей среды до тех пор, пока твердый осадок, содержащий диоксид кремния не будет осажден из раствора;

DD. отделение осажденного твердого остатка, содержащего диоксид кремния, от раствора с этапа СС для получения обедненного диоксидом кремния раствора; и

ЕЕ. подача обедненного диоксидом кремния раствора с этапа DD на этап (а) по п.1 или 2.

30. Гидрометаллургический способ по любому из пп.1-29, отличающийся тем, что дополнительно включает этап концентрирования любого одного или более из: раствора соляной кислоты этапа (а), хлорирующего ПРВ этапа (d), промежуточного раствора продуктов этапа (b) по п.1 или 2 и этапа (е) по п.2, а также дополнительного промежуточного раствора продуктов, тем самым получая концентрированный раствор на каком-либо одном или более из следующих этапов:

1) испарения и конденсационного извлечения HCl из раствора(ов); и

2) фильтрации или мембранного разделения, включающего обратный осмос (ОО) или нанофильтрацию (НФ) раствора(ов).

31. Гидрометаллургический способ по любому из пп.1-30, отличающийся тем, что один или более этапов сорбции технологического процесса включают один или более из следующих этапов:

(aaa) приведение раствора в контакт с одним или более ионообменными (ИО) смолами или сорбентами, в результате чего товарные металлы, включая один или более из: золота, серебра и МПГ, адсорбируются на смоле или сорбенте, а цветные металлы выгружаются в раствор;

(bbb) элюирование адсорбированных товарных металлов из ИО смолы или сорбента и осаждение товарных металлов из элюата с использованием восстановителя или, если МПГ присутствуют, с использованием каустического или аммиачного раствора для формирования концентрата высококачественного ценного металла или отдельных ценных металлических продуктов; и

(ccc) незамедлительное сжигание заполненной смолы или сорбента для получения высококачественного концентрата ценного металла или отдельных ценных металлических продуктов.

32. Гидрометаллургический способ по п.31, отличающийся тем, что этап элюирования (bbb) осуществляют с использованием раствора, содержащего кислоту тиомочевину, соли сульфита или гидросульфита или хлорида.

33. Гидрометаллургический способ по любому из пп.1-32, отличающийся тем, что выщелачивающий раствор соляной кислоты с этапа (а) и/или выщелачивающий раствор хлорирования с этапа (d) по п.1 или 2, содержащий хлорид железа, дополнительно включает этап обработки одним или более из: применения давления, осаждения, кристаллизации, концентрирования путем выпаривания, обратного осмоса, мембранной фильтрации, включающей нанофильтрацию, экстракцию раствором, ионного обмена, барботаж/ректификации, пиролиз и гидрогидролиза и гидротермальной обработки для производства железосодержащих продуктов.

34. Гидрометаллургический способ по любому из пп.1-33, дополнительно включающий этапы нейтрализации раствора соляной кислоты или выщелачивающего рассола с этапа (а), (b) или (с) известняком для осаждения гидроксида железа и других элементов пустой породы и получение фильтрата хлорида кальция, выпаривания фильтрата хлорида кальция с последующим добавлением серной кислоты для удаления кальция и рециркуляцию соляной кислоты, рассола или фильтрата хлористого кальция на этап (а) или (d) по п.1 или 2.

35. Гидрометаллургический способ по любому из пп.1-34, отличающийся тем, что среда выщелачивания хлорированием по этапу (d) состоит из соляной кислоты или рассола в сочетании с окислительным реагентом в составе хлора, гипохлорита, перекиси водорода, и этап выщелачивания осуществляют в условиях окисления, тем самым производя хлорирующий ПРВ, содержащий один или более товарных элементов, выбранных из группы, состоящей из МПГ, Au, Ag, Ni, Co, Cu, P3Э, U, Th, Zn, Mn, Cd, Mo, V, Sn и Ti.

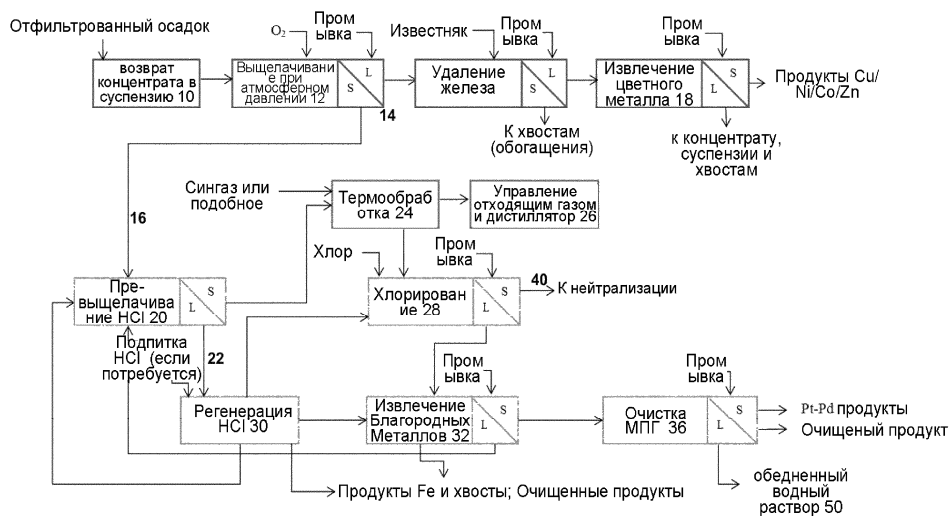
36. Гидрометаллургический способ по любому из пп.1-35, отличающийся тем, что хлорированный ПРВ, полученный на этапе (d), содержит один или более товарных элементов, выбранных из группы, состоящей из МПГ, Au, Ag, Ni, Co, Cu, P3Э, U, Th, Zn, Mn, Cd, Mo, V, Sn и Ti, причем способ дополнительно включает один или более этапов из разделения и/или извлечения одного или более товарных элементов посредством какой-либо одной или более из: экстракции раствором, ИО, осаждения с использованием гидроксидов, карбонатов или сульфидов, электролитического выделения и восстановления.

37. Гидрометаллургический способ по любому из пп.1-36, отличающийся тем, что этап выщелачивания хлорированием (d) содержит выщелачивающую хлоридную среду, имеющую показатель pH в диапазоне 2,5-7,5, удерживаемый при температуре в диапазоне 50-150°C.

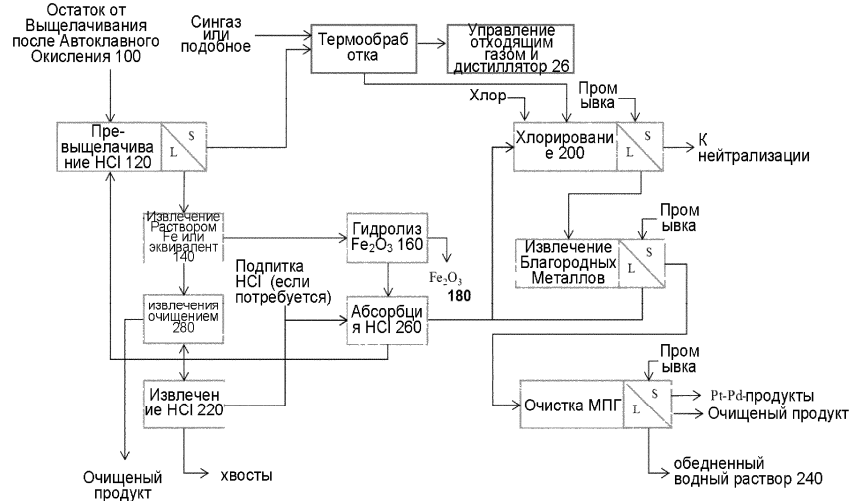
38. Гидрометаллургический способ по любому из пп.1-37, отличающийся тем, что этап выщелачивания хлорированием (d) содержит выщелачивающую хлоридную среду со свободной кислотностью в диапазоне 50-300 г/л HCl, удерживаемую при температуре в диапазоне 50-150°C.

39. Гидрометаллургический способ по любому из пп.1-38, отличающийся тем, что этап выщелачи-

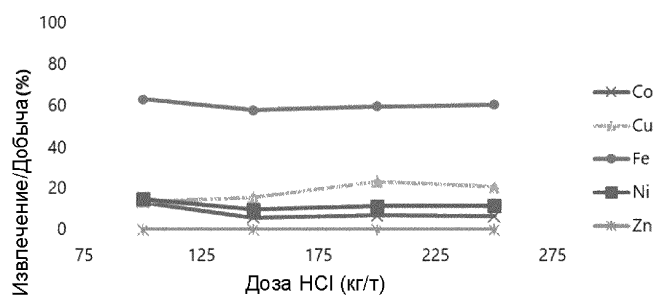
вания хлорированием (d) осуществляется при атмосферном давлении или давлении автоклавного выщелачивания рассолом в условиях окисления.



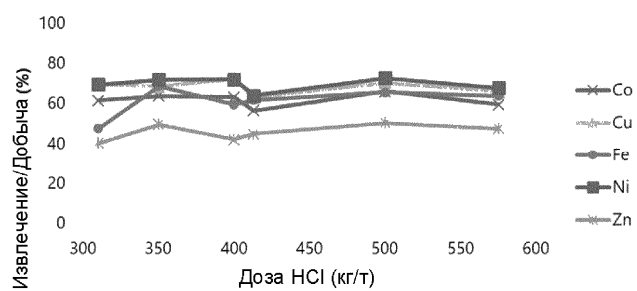
Фиг. 1



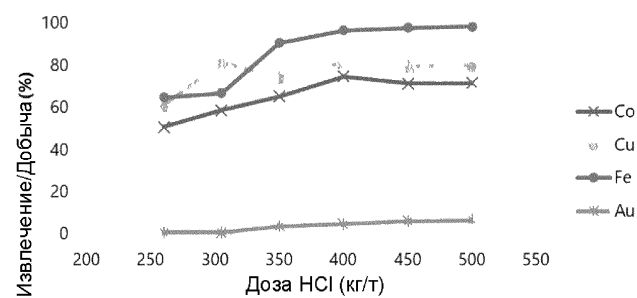
ФИГ. 2



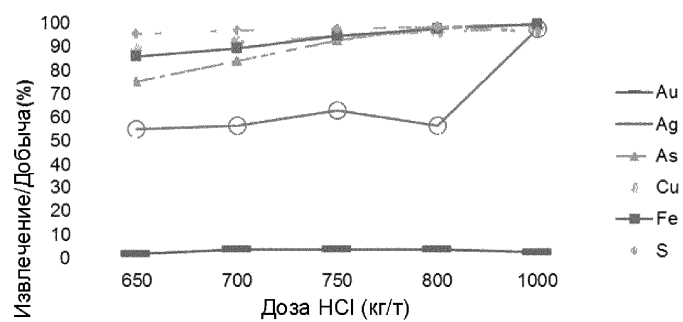
ФИГ. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

